

(19)

JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09284218 A**

(43) Date of publication of application: **31.10.97**

(51) Int. Cl

**H04B 10/02**

**H04B 10/18**

(21) Application number: **08098704**

(22) Date of filing: **19.04.96**

(71) Applicant: **FUJITSU LTD**

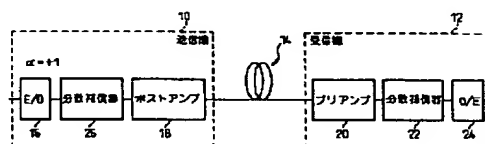
(72) Inventor:  
**MIYAUCHI AKIRA**  
**YAMANE KAZUO**  
**KAWASAKI YUMIKO**  
**OKANO SATORU**

(54) **OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To extend a permissible range of a dispersion compensation amount by providing a dispersion compensation device having a negative dispersion with respect to a wavelength of an optical signal to be sent and a chirp provision means providing a positive chirp to the optical signal at a transmitter side to the transmitter side.

SOLUTION: In spite of a positive dispersion value of a single mode fiber(SMF) 14, a chirping parameter  $\alpha$  of a transmitter is set to be a positive value, preferably a positive value of 2 or below, and more preferably +1. When a compensation value of a dispersion compensation device 22 is increased, the loss is also increased, the optical input power to a photodetector 24 is reduced resulting in deteriorating the reception sensitivity. Furthermore, when the amplification factor of a preamplifier 20 is increased to increase the input power of the photodetector 24 to increase the optical input power to the dispersion compensation device 22, the waveform is deteriorated because of self phase modulation(SPM) in the dispersion compensation device 22. Then a dispersion compensation device 26 is provided to a pre-stage of a post-amplifier 18 at the transmitter side so as to prevent the deterioration.



COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-284218

(43) 公開日 平成9年(1997)10月31日

(51) Int. Cl. <sup>4</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B 10/02 10/18			H 0 4 B 9/00	M

審査請求 未請求 請求項の数9 OL (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-98704  
(22) 出願日 平成8年(1996)4月19日

(71) 出願人 000005223  
富士通株式会社  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号  
(72) 発明者 宮内 彰  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内  
(72) 発明者 山根 一雄  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内  
(74) 代理人 弁理士 石田 敬 (外3名)

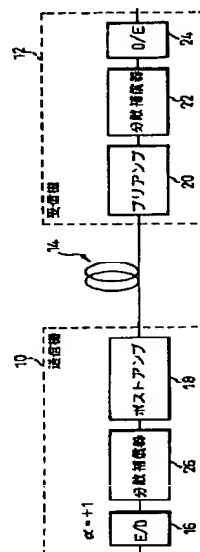
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光伝送システム

(57) 【要約】

【課題】 伝送ファイバの長さに応じて伝送特性を最適にするために用意すべき分散補償器の種類を少なくする。

【解決手段】 信号光に対して正の分散値を有する S M F 1 4 に対して、送信機のチャージングパラメータ  $\alpha$  を正の値に設定する。分散補償器 2 2, 2 6 を受信側だけでなく送信側にも設ける。



特開平 9-284218

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 送信側と受信側の間に設けられた光ファイバであって、送信側から受信側へ伝送すべき光信号の波長に対して正の分散値を有する光ファイバと、送信側及び受信側の少なくともいづれか一方において該光ファイバに直列に接続され、伝送すべき光信号の波長に対して負の分散値を有する分散補償器と、送信側において光信号に正のチャープを与えるチャープ付与手段とを具備する光伝送システム。

【請求項 2】 前記チャープ付与手段におけるチャーピングパラメータ  $\alpha$  は 2 以下である請求項 1 記載のシステム。

【請求項 3】 前記チャーピングパラメータ  $\alpha$  はほぼ 1 である請求項 2 記載のシステム。

【請求項 4】 前記チャーピングパラメータは前記光ファイバの長さに応じて変更可能である請求項 2 記載のシステム。

【請求項 5】 前記分散補償器は、送信側に固定的に接続された送信側分散補償器と、前記光ファイバの長さに応じて複数の異なる分散値を有する分散補償器の中から選ばれて受信側に接続された受信側分散補償器を含む請求項 1 記載のシステム。

【請求項 6】 前記分散補償器は分散補償ファイバである請求項 1 記載のシステム。

【請求項 7】 前記分散補償器はファイバグレーティング型分散等化器である請求項 1 記載のシステム。

【請求項 8】 前記分散補償器は導波路型分散等化器である請求項 1 記載のシステム。

【請求項 9】 前記分散補償器は共振器型分散等化器である請求項 1 記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ファイバを用いる光伝送システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 光伝送システム分野においては、大容量化や長スパン化を目指し開発が行われている。大容量化のためにはビットレートの増大や波長多重方式が検討されている。また、長スパン化は光アンプの導入によって達成しうる。光アンプは、送信電力の高出力化のためのポストアンプとして、受信電力の高感度化のためのプリアンプとして、或いは中継器のためのインラインアンプとして、製品レベルの開発が行われている。この光アンプの導入により、ファイバの入口と出口のレベル差が拡大され、許容できるファイバのロスが拡大した。

【0003】 その反面、光アンプの導入に伴い、ファイバへの光入力レベルが高くなり、その結果、非線形効果という新たな問題がでてきた。そのひとつは、光ファイバ伝送において、ファイバへの光入力レベルが大きい場合、光カー効果（屈折率が光強度に依存して変化する）

に基づく自己位相変調（Self Phase Modulation: SPM）により、信号光パルスの立ち上がり及び立ち下がり部分において周波数（波長）シフトが生じる問題である。この場合、たとえ伝送前の信号光波長幅が狭くても、伝送中に波長幅の広がりが生じ、同時に伝送路分散の影響で受信波形の変化が大きくなる。つまり、この様な影響を考慮し、送信光電力の上限値がきまる。

【0004】 また、ファイバ中を伝播する光の速度はその波長に依存する（これをファイバの波長分散と呼ぶ。）ため、ある波長幅を有する光パルスは、ファイバ伝送後にパルス幅が増大または圧縮される性質がある。従って、光伝送システムにおけるファイバ伝送後の受信波形は、この波長分散によって変化することになり、その程度によっては伝送エラーを生じることになる。そのため、波長分散による伝送距離への制限がでてくる。

【0005】 以前は波長幅の狭い光源を選択することで、ファイバ波長分散による伝送劣化を回避してきたが、10Gb/s までにビットレートが増大すると上記のファイバの非線形効果のため、波長幅の狭い光源を選択するだけでは伝送劣化を回避できない状況にある。そこで、波長幅の狭い光源を選択するだけでなく、更に送信機のプリチャープを用い伝送特性の補償を行うことが提案されている。送信機のプリチャープとは送信機において光パルスにチャープを生じさせることをいい、付与されるチャープには出力パルスの立ち上がりにおいては長波長側に、立ち下がりにおいては短波長側に波長シフトを生じるブルーチャープ、または、出力パルスの立ち上がりにおいては短波長側に、立ち下がりにおいては長波長側に波長シフトを生じるレッドチャープとがあり、伝送路として主に使用するファイバによって選択する。特開平 4-140712 号公報には、ファイバが信号光に対して正の波長分散を有するときはブルーチャープ（チャーピングパラメータ  $\alpha$  が負）を与え、負の波長分散を有するときはレッドチャープ（チャーピングパラメータ  $\alpha$  が正）を与えれば伝送特性が改善されることが記載されている。これは、正の波長分散とブルーチャープの組み合わせ又は負の波長分散とレッドチャープの組み合わせにおいて、光パルスの立ち上がり部分よりも立ち下がり部分の方がファイバ内を速く進むので光パルスを圧縮する効果がもたらされるためである。この場合、ファイバの分散値はその長さに比例するので、伝送路全体の分散値を送信機のプリチャープ量に見合った値にするため、ファイバに直列に分散補償器が挿入される。

【0006】 ところで、現在最も普及しており、広く布設されているシングルモードファイバ（SMF）の零分散波長は 1.3  $\mu\text{m}$  帯にある。その理由は、均一なクラッドとコアからなる比較的簡単な構造のファイバでは零分散波長を 1.3  $\mu\text{m}$  にするのが限界であり、それ以上は構造が複雑で高価な分散シフトファイバ（DSF）で

特開平 9-284218

しか実現できないためと、過去において、信号光波長としてファイバの損失が少ないと考えられていた1.3  $\mu$ m帯が使用されてきたためである。しかしながら、光アンプを導入して長スパン化をめざすためには、光アンプとしてのエルビウムドープファイバの利得帯域である1.5  $\mu$ m帯の信号光を使用する必要があり、その方がファイバの損失も一層小さくなる。1.5  $\mu$ m帯の信号光を1.3  $\mu$ m帯に零分散波長があるSMFで伝送すると分散は正となる。従って従来では、送信機において信号光にブルーチャープ（チャーピングパラメータ $\alpha$ は負）を与え、ファイバの正の分散との組み合わせで伝送特性を改善することが検討されてきた。

【0007】しかしながら、後に詳細に説明するように、前述のSPMを考慮して計算機シミュレーションを実行すると、チャーピングパラメータ $\alpha$ が負であると、所要の伝送特性を満足する分散補償量の範囲が狭いので、ファイバ長に応じて用意すべき高価な分散補償器の種類が多数になるという問題がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】したがって本発明の目的は、所要の伝送特性を満足させるためにファイバ長に応じて用意する必要のある分散補償器の種類が少ない光伝送システムを提案することにある。本発明によれば、送信側と受信側の間に設けられた光ファイバであって、送信側から受信側へ伝送すべき光信号の波長に対して正の分散値を有する光ファイバと、送信側及び受信側の少なくともいづれか一方において該光ファイバに直列に接続され、伝送すべき光信号の波長に対して負の分散値を有する分散補償器と、送信側において光信号に正のチャープを与えるチャープ付与手段とを具備する光伝送システムが提供される。

【0009】後に詳細に説明するように、SPMを考慮に入れた計算機シミュレーションによれば、送信機のプリチャープのパラメータ $\alpha$ が正であれば、所要の伝送特性を満足する分散補償量の範囲がチャープが負のときよりも広くなるので、少ない種類の分散補償器でファイバ長の変化を広くカバーすることができる。この理由は、SPMによる位相変調はチャーピングパラメータ $\alpha$ が負のチャーピングに相当するため、送信機のチャーピングパラメータ $\alpha$ が正であればSPMの影響が緩和され、伝送特性が全体として改善されるためであると考えられる。

【0010】尚、送信器のプリチャープの程度を表す $\alpha$ パラメータは、一般的に波形の立ち上がり及び立ち下りの各部で変化する。ここでは、光出力波形の立ち上がり或いは立ち下りの半値の時点における値を代表として用い、定義することとする。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明を説明する前に、ファイバの分散値が正であるときに送信機のチャーピングパラメータ $\alpha$ を負とする従来の光伝送システムについて説明する。

図1において、送信機10と受信機12の間に1.3  $\mu$ m帯に零分散波長のあるシングルモードファイバ（SMF）14が設けられている。送信機10は電気信号を光信号に変換するための光変調器16と光変調器16の出力を光レベルで増幅してSMF14へ送出するポストアンプ18を含んでいる。送信機10の光変調器16におけるチャーピングパラメータ $\alpha$ は負で、例えば-1である。チャーピングパラメータ $\alpha$ は次式で定義される。

【0012】

$$\alpha = 2 \cdot (d\phi/dt) / ((dS/dt) / S)$$

式中、 $\phi$ は光位相であり、 $S$ は光強度である。受信機12はSMF14から出力される光信号を光レベルで増幅するプリアンプ20と、伝送路全体の分散値を $\alpha=-1$ に見合った値にするために分散値を補償するための分散補償器22と、光信号を電気信号に変換する光検知器24とを含んでいる。光信号の波長は光増幅器18、20の利得帯域内の1.5  $\mu$ m帯にある。したがって、SMF14の分散値は正である。分散補償器22としては、SMF14の長さに応じて全体の分散値が一定になるように適切な分散値を有するものが選択される。

【0013】図2は、各伝送距離において、所望の伝送特性（振幅の減衰量が1dB以下；位相マージン70%以上）を満足しうる受信側の分散補償量の範囲を示す図である。図2及び後述の図4はファイバのSPM効果を考慮に入れた計算機シミュレーションの結果である。図2によれば、50km以上130km以下の伝送距離をカバーするためには、図中点線で示すように、4種類の分散補償器を用意しなければならないことがわかる。

【0014】図3は本発明に係る光伝送システムのブロック図である。本発明においては、SMF14の分散値が図1の場合と同様に正であるにもかかわらず、送信機のチャーピングパラメータ $\alpha$ は正の値、好ましくは2以下の正の値、さらに好ましくは+1に設定される。従って必要な分散補償量は図1の場合よりも大きくなる。分散補償器22の補償量を大きくすると、その損失も大きくなり、光検出器24の光入力パワーが低下し受信感度が劣化する。光検出器24の入力パワーを上げるためにプリアンプ20の増幅度を上げて分散補償器22の入力光パワーを上げると、分散補償器22におけるSPMのため波形が劣化する。そこで、図3に示す光伝送システムでは、送信側にも分散補償器26をポストアンプ18の前段に設けることによりこの問題を解決している。この場合に、送信側の分散補償器26の分散値は固定とし、SMF14の長さに応じた分散補償量の選定は、受信側の分散補償器22において行なうことが好ましい。

【0015】図4は送信機のチャーピングパラメータ $\alpha$ を+1とし、送信側に分散量-400ps/nmの分散補償器を設けたときの、各伝送距離における所望の伝送特性

特開平 9-284218

を満足しうる受信側の分散補償量の範囲を示す図である。図で明らかなように、送信側のチャージングパラメータ $\alpha$ を+1とすることにより、ファイバにおけるSPMの影響が緩和され、伝送特性が全体として改善されるために許容分散量の範囲が広がる。

【0016】したがって、図に点線で示すように2種類の分散補償器を用意するだけで広い範囲をカバーすることができる。また、伝送距離50km以下では受信側の分散補償器22を省略することも可能である。分散補償器22、26としては分散補償ファイバ(DCF)、ファイバグレーティング型分散等化器、導波路型分散等化器、又は共振器型分散等化器等が使用可能である。DCFは通常のSMFよりコア径を小さくし、かつ、クラッドとの比屈折率差を大きくすることにより、零分散波長を長波長側にシフトさせ、信号光波長帯(1.5 $\mu$ m帯)で負の分散を得るようにしたものである。

【0017】図5はファイバグレーティング型分散等化器の原理を示す図である。ファイバ30中にグレーティング(周期的な屈折率変化)32を与え、その周期を次第に変えておく、これに光を入射すると波長に応じて異なった位置で光が反射して戻ってくる。即ち、波長に応じて、異なった遅延時間を与えられた光が戻ってくるので、これをサーキュレータ34によりとり出し、分散等化する。ファイバグレーティングに対する入力方向を反対にすれば逆符号の分散特性が得られる。

【0018】図6は導波路型分散等化器の原理を示す図である。例えばSi基板上に石英(SiO<sub>2</sub>)にて導波路36を形成し、上部導波路38と下部導波路40で位相が異なる様位相シフト42を設ける。入力光信号は、位相シフト42による位相調整により、例えば長波長側の成分は主に下側を伝搬し、短波長側の成分は上側を伝搬する。この様な導波路を複数回伝搬させることにより、負の分散特性を得ることができる。位相調整により、逆符号の分散特性を得ることもできる。位相シフト42としては薄膜ヒータが用いられている。

【0019】図7は共振器型分散等化器の原理を示す図である。全反射ミラー44と半透過型ミラー46とを対向させ、半透過型ミラー46の側から光を入射すると、両ミラーの間隔に応じたある波長の光のみがミラー間で多重反射し、共振状態となる。この共振波長の近傍では、周波数に比例するある回数の多重反射をくり返した光が再び戻ってくる様になる。これをサーキュレータによりとり出すことで、周波数(波長)に応じて異なる遅延時間を与え、分散等化する。共振周波数より高い領域または低い領域のいずれを使用するかで逆向きの分散特性が得られる。

【0020】次に、本発明の光伝送システムにおけるチャージングパラメータ $\alpha$ の値をいかにすべきかについて説明する。図8に、送信パワー+14dBmにおける、伝送可能距離 対 送信分散補償量のグラフを示す。左半

分は、受信側分散補償なしの場合、右半分は受信側で-1200ps/nmの分散補償を行った場合のグラフである。右半分は、受信側分散補償-1200ps/nmの条件下で直接的に分散補償のトレランスを示すものであり、それを最も広くする $\alpha$ パラメータの値を求めることにより、 $\alpha$ パラメータの最適値が得られる。しかし、 $\alpha$ パラメータの最適設定は、左半分のグラフから、より一般的に求めることができると考えられるので以下にその理由を示す。

【0021】非線形効果の影響はファイバ損失にもよるが、概ね50km程度までで収束する(これはファイバ内の光パワーが小さくなるため、50km以上の領域では非線形効果の発生度合いは小さくなることによる)。従って、50km以上の領域では、光スペクトラムはもはや変化せず、ファイバ分散の影響はリニアとなる。すなわち、50km以上の領域の伝送路で与えられる分散量に対し、それと絶対値の等しい逆符号の分散量で受信側分散補償を行えば、波形は50km地点での波形に戻ることになる。このとき50km地点での波形が良好であれば、受信可能になると言える。

【0022】一方、受信側分散補償なしでの伝送特性を見たとき、50kmを超え伝送可能距離ができるだけ長い方が、上記の受信側分散補償を行った場合の補償許容誤差(トレランス)は緩いものと考えられる。従って、図8の左半分のグラフにおいて、できるだけ許容領域が広く長い方が、より長距離の伝送システムにおいて受信側分散補償を行う場合に補償トレランスが広くとれることになる。実際に、左半分のグラフにおける $\alpha$ パラメータの最適値は+0.5付近であるが、これは右半分のグラフの最適値と一致している。

【0023】図8の結果からは、 $\alpha$ パラメータが+0.5付近が最も良いと推定されるが、これは送信出力を+14dBmとした場合の値であって、送信出力を変化させると $\alpha$ パラメータの最適値もシフトすると考えられる。光アンプにより得られる送信出力としては、現状+11~+20dBm程度が想定されるため、+14dBmに対して-4dB~+6dB程度変化する。ここで光源の周波数シフト量は $\alpha$ パラメータに比例し、また伝送路ファイバのSPMによる周波数シフト量は、伝送距離を一定とした場合、送信出力に比例するため、両者が補償関係にある時、 $\alpha$ パラメータの最適値は、送信出力の変化分に比例して変化するものと考えられる。これより、 $\alpha$ パラメータの最適値も、+0.5に対して-4dB~+6dB、即ち、 $0.2 \leq \alpha \leq 2.0$ の範囲で変化することが予想される。

【0024】上記の結果から、最適な $\alpha$ パラメータの上限値は2である。下限値については、光アンプを使用せず、送信出力が低い場合も考慮すると、0が適切である。したがって、図3のシステムでは送信機のチャージングパラメータ $\alpha$ が+1に固定されているが、 $\alpha$ を可変

特開平 9-284218

とし、 $0 < \alpha < 2$  の範囲で調節することが好ましい。周知の如くチャージングパラメータ  $\alpha$  については、光変調器 16 として M I 外部変調器又はマッハツェンダ型変調器を用いた場合、その駆動電圧を変えることにより  $\alpha$  を変えることができる。

【0025】

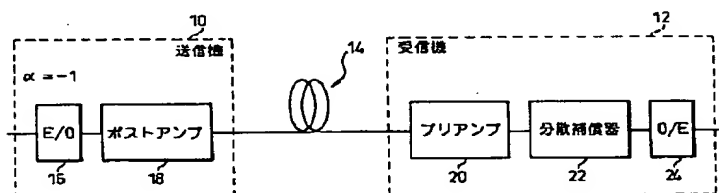
【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、伝送ファイバの分散値が正のときに送信側のチャージングパラメータを正の値にすることにより、分散補償量の許容範囲を広くすることができる。

【図面の簡単な説明】

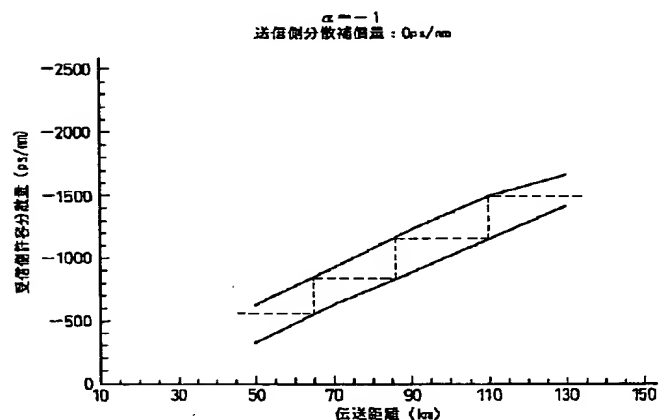
【図1】従来の光伝送システムのブロック図である。

【図2】図1のシステムにおける許容分散量の範囲を示すグラフである。

【図1】



【図2】



【図3】本発明の光伝送システムのブロック図である。

【図4】図3のシステムにおける許容分散量の範囲を示すグラフである。

【図5】ファイバグレーティング型分散等化器の原理を示す図である。

【図6】導波路型分散等化器の原理を示す図である。

【図7】共振器型分散等化器の原理を示す図である。

【図8】送信パワー +14 dBm における伝送可能距離対送信分散補償量のグラフである。

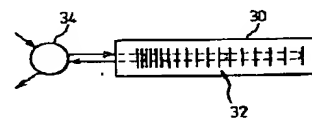
【符号の説明】

14…シングルモードファイバ

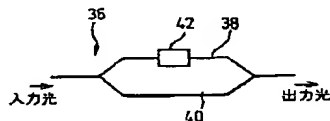
16…光変調器

24…光検知器

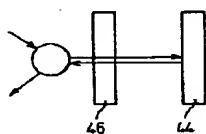
【図5】



【図6】

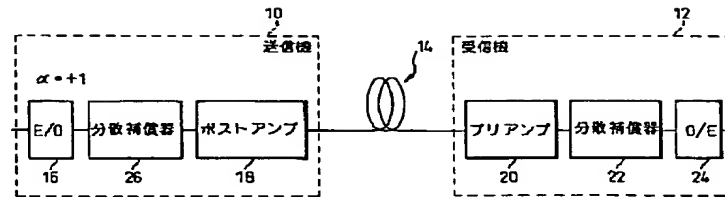


【図7】

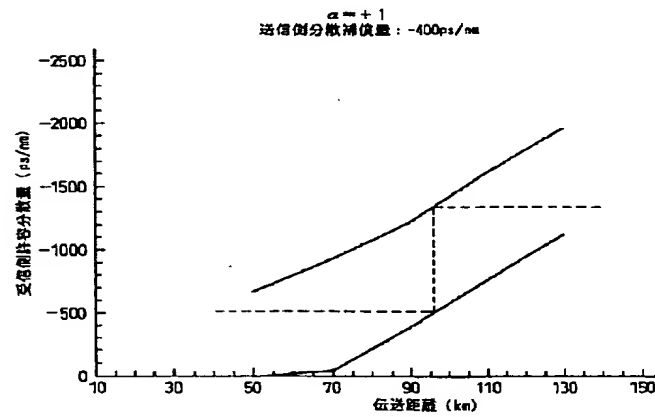


特開平 9-284218

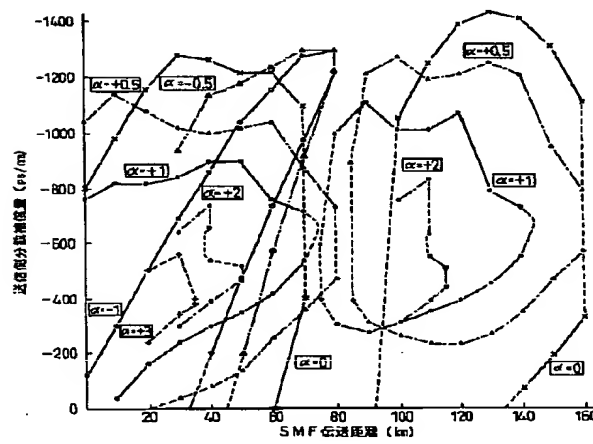
【図3】



【図4】



【図8】



特開平 9-284218

フロントページの続き

(72)発明者 河崎 由美子  
神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番  
1 号 富士通株式会社内

(72)発明者 岡野 悟  
北海道札幌市中央区北一条西 2 丁目 1 番地  
富士通北海道デジタル・テクノロジー株  
式会社内